

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002134517 A**

(43) Date of publication of application: 10.05.02

(51) Int. Cl.

H01L 21/322
C30B 29/06

(21) Application number: 2000328795

(22) Date of filing: 27.10.00

(71) Applicant: **MITSUBISHI MATERIALS SILICON CORP**

(72) Inventor: **MUROI YUKIO**
KOYA HIROSHI
SHIBAZAKI HIDEAKI
KURITA KAZUNARI

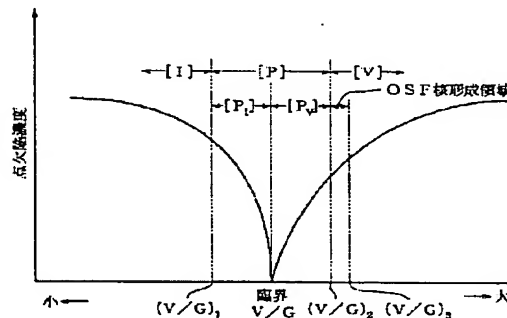
(54) **METHOD FOR HEAT-TREATING SILICON WAFER**

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wafer which exhibits an IG effect.

SOLUTION: A region which is adjacent to a region [I] where an inter-lattice- silicon type point defect exists dominantly and that belongs to a perfect region [P] where a coagulation of point defect does not exist, and the inter-lattice- silicon density is less than the minimum density capable of forming an interstitial dislocation is [PI], as well as that a region which is adjacent to region [V] where a vacancy point defect exists dominantly and the vacancy density less than the density capable of forming COP or FPD is [PV], the wafer which consists of a region mixed with [PV] and [PI] and an oxygen density is 0.8×10^{18} to 1.4×10^{18} atoms/cm³ (former ASTM) is kept at 600 to 700°C for 5 to 10 hours under an atmosphere of nitrogen and oxygen, or gas mixed with those gases, then, the wafer is kept at 900 to 1,000°C for 16 hours under an atmosphere of oxygen.



BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-134517
(P2002-134517A)

(43) 公開日 平成14年5月10日 (2002.5.10)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テームコード (参考)

H 0 1 L 21/322

H 0 1 L 21/322

Y 4 G 0 7 7

C 3 0 B 29/06

C 3 0 B 29/06

B

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-328795 (P2000-328795)

(22) 出願日 平成12年10月27日 (2000. 10. 27)

(71) 出願人 000228925

三菱マテリアルシリコン株式会社
東京都千代田区大手町一丁目5番1号

(72) 発明者 室井 幸男

東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三
菱マテリアルシリコン株式会社内

(72) 発明者 小屋 浩

東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三
菱マテリアルシリコン株式会社内

(74) 代理人 100085372

弁理士 須田 正義

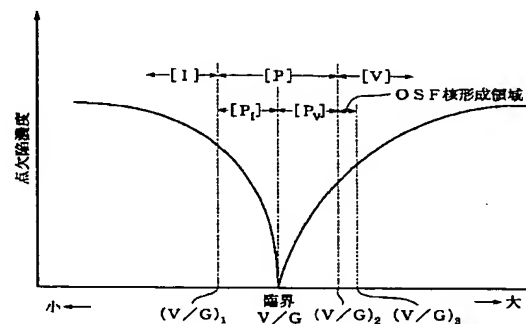
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコンウェーハの熱処理方法

(57) 【要約】

【課題】 I G効果を発揮するウェーハを得る。

【解決手段】 格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域 [I] に隣接しかつ点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域 [P] に属し侵入型転位を形成し得る最低の格子間シリコン濃度未満の領域を [P_I] とし、空孔型点欠陥が支配的に存在する領域 [V] に隣接しかつ前記領域 [P] に属しCOP又はFPDを形成し得る空孔濃度以下の領域を [P_V] とするとき、[P_V] と [P_I] の混合領域からなりかつ酸素濃度が $0.8 \times 10^{18} \sim 1.4 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ (JASTM) であるウェーハを窒素、酸素又はこれらの混合ガス雰囲気下、600～700℃で5～10時間保持した後、ウェーハを酸素雰囲気下、900～1000℃で16時間保持する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン単結晶インゴット内での格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域を〔I〕とし、空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を〔V〕とし、格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域を〔P〕とするとき、

前記パーフェクト領域〔P〕からなるインゴットから切出された点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハの熱処理方法であって、

前記領域〔I〕に隣接しかつ前記パーフェクト領域〔P〕に属し侵入型転位を形成し得る最低の格子間シリコン濃度未満の領域を〔P_I〕とし、前記領域〔V〕に隣接しかつ前記パーフェクト領域〔P〕に属しCOP又はFPDを形成し得る空孔濃度以下の領域を〔P_V〕とするとき、

前記領域〔P_V〕と領域〔P_I〕の混合領域からなりかつ酸素濃度が $0.8 \times 10^{18} \sim 1.4 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ (旧ASTM) であるシリコン単結晶インゴットを引上げ、

前記インゴットから切出されたシリコンウェーハを窒素、酸素又はこれらの混合ガス雰囲気下、600～700℃で5～10時間保持した後、前記シリコンウェーハを酸素雰囲気下、900～1000℃で16時間保持することを特徴とするシリコンウェーハの熱処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、チョクラルスキー法（以下、CZ法という。）により作られた点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハにイントリンシックゲッタリング（以下、IG）効果をもたらす熱処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路を製造する工程において、歩留りを低下させる原因として酸化誘起積層欠陥（Oxidation Induced Stacking Fault、以下、OSFという。）の核となる酸素析出物の微小欠陥や、結晶に起因したパーティクル（Crystal Originated Particle、以下、COPという。）や、或いは侵入型転位（Interstitial-type Large Dislocation、以下、LDという。）の存在が挙げられている。OSFは、結晶成長時にその核となる微小欠陥が導入され、半導体デバイスを製造する際の熱酸化工程等で顕在化し、作製したデバイスのリーク電流の増加等の不良原因になる。またCOPは、鏡面研磨後のシリコンウェーハをアンモニアと過酸化水素の混合液で洗浄したときにウェーハ表面に出現する結晶に起因したピットである。このウェーハをパーティクルカウンタで測定すると、このピットも本来のパーティクルとともに光散乱欠陥として検出される。このCOPは電気的特性、例えば酸化膜の経時絶縁破壊特性

（Time Dependent dielectric Breakdown、TDD

B）、酸化膜耐圧特性（Time Zero Dielectric Breakdown、TZDB）等を劣化させる原因となる。またCOPがウェーハ表面に存在するとデバイスの配線工程において段差を生じ、断線の原因となり得る。そして素子分離部分においてもリーク等の原因となり、製品の歩留りを低くする。更にLDは、転位クラスタとも呼ばれたり、或いはこの欠陥を生じたシリコンウェーハをフッ酸を主成分とする選択エッチング液に浸漬するとピットを生じることから転位ピットとも呼ばれる。このLDも、電気的特性、例えばリーク特性、アイソレーション特性等を劣化させる原因となる。

【0003】以上のことから、半導体集積回路を製造するために用いられるシリコンウェーハからOSF、COP及びLDを減少させることが必要となっている。このOSF、COP及びLDを有しない無欠陥のシリコンウェーハが特開平11-1393号公報に開示されている。この無欠陥のシリコンウェーハは、シリコン単結晶インゴット内での空孔型点欠陥の凝集体及び格子間シリ

コン型点欠陥の凝集体がそれぞれ存在しないパーフェクト領域を〔P〕とするとき、パーフェクト領域〔P〕からなるインゴットから切出されたシリコンウェーハである。パーフェクト領域〔P〕は、格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域〔I〕と、シリコン単結晶インゴット内で空孔型点欠陥が支配的に存在する領域〔V〕との間に介在する。このパーフェクト領域〔P〕からなるシリコンウェーハは、インゴットの引上げ速度をV（mm/分）とし、シリコン融液とインゴットとの界面近傍におけるインゴット鉛直方向の温度勾配をG（℃/mm）とすると、熱酸化処理をした際にリング状に発生するOSFがウェーハ中心部で消滅するように、V/G（mm²/分・℃）の値を決めて作られる。一方、半導体デバイスメーカーの中には、OSF、COP及びLDを有しない上に、デバイス工程で生じる金属汚染をゲッタリングする能力を有するシリコンウェーハを求めるメーカーがある。ゲッタリング能力が十分に備わっていないウェーハでは、デバイス工程で金属により汚染されると、接合リークや、金属不純物によるトラップ単位によるデバイスの動作不良等を生じ、これにより製品の歩留りが低下する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記パーフェクト領域〔P〕からなるインゴットから切出されたシリコンウェーハは、OSF、COP及びLDを有しないけれども、デバイス製造工程の熱処理において、必ずしもウェーハ内部で酸素析出が起らず、これによりIG効果が十分に得られないおそれがある。本発明の目的は、領域〔P_V〕と領域〔P_I〕の混合領域からなる酸素濃度が $0.8 \times 10^{18} \sim 1.4 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ (旧ASTM) のインゴットから切出されたシリコン

ウェーハであっても、IG効果を発揮するシリコンウェーハの熱処理方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、シリコン単結晶インゴット内での格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域を[I]とし、空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を[V]とし、格子間シリコン型点欠陥の凝集体及び空孔型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域を[P]とするとき、パーフェクト領域[P]からなるインゴットから切出された点欠陥の凝集体が存在しないシリコンウェーハの熱処理方法である。その特徴ある構成は、上記領域[I]に隣接しかつ上記パーフェクト領域[P]に属し侵入型転位を形成し得る最低の格子間シリコン濃度未満の領域を[P_I]とし、上記領域[V]に隣接しかつ上記パーフェクト領域[P]に属しCOP又はFPDを形成し得る空孔濃度以下の領域を[P_V]とするとき、上記領域[P_V]と領域[P_I]の混合領域からなりかつ酸素濃度が $0.8 \times 10^{18} \sim 1.4 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ (旧ASTM)であるシリコン単結晶インゴットを引上げ、このインゴットから切出されたシリコンウェーハを窒素、酸素又はこれらの混合ガス雰囲気下、600～700℃で5～10時間保持した後、シリコンウェーハを酸素雰囲気下、900～1000℃で16時間保持することにある。

【0006】請求項1に係る発明では、インゴットの酸素濃度が $0.8 \times 10^{18} \sim 1.4 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ (旧ASTM)である場合であって、シリコンウェーハが領域[P_V]と領域[P_I]の混合領域からなるときには、このインゴットから切出されたシリコンウェーハを先ず、窒素、酸素又はこれらの混合ガス雰囲気下、600～700℃で5～10時間保持する(以下、第1段目熱処理という。)と、結晶成長時に酸素析出核が導入されない領域[P_I]にも酸素析出核が発現し、同時に結晶成長時に酸素析出核が導入されている領域[P_V]ではその酸素析出核の密度が高まる。次いで、上記第1段目熱処理を行ったウェーハを酸素雰囲気下、900～1000℃で16時間保持する(以下、第2段目熱処理という。)と、上記酸素析出核が酸素析出物(Bulk Micro Defect、以下、BMDDという。)に成長し、領域[P_V]と領域[P_I]の混合領域からなるウェーハであっても、ウェーハ全面にわたってIG効果を有するようになる。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明のシリコンウェーハは、CZ法によりホットゾーン炉内のシリコン融液からインゴットをボロンコフ(Voronkov)の理論に基づいた所定の引上げ速度プロファイルで引上げた後、このインゴットをスライスして作製される。一般的に、CZ法によりホットゾーン炉内のシリコン融液からシリコン単結晶のイ

ンゴットを引上げたときには、シリコン単結晶における欠陥として、点欠陥(point defect)と点欠陥の凝集体(agglomerates: 三次元欠陥)が発生する。点欠陥は空孔型点欠陥と格子間シリコン型点欠陥という二つの一般的な形態がある。空孔型点欠陥は一つのシリコン原子がシリコン結晶格子で正常的な位置の一つから離脱したものである。このような空孔が空孔型点欠陥になる。一方、原子がシリコン結晶の格子点以外の位置(インターstitial site)で発見されるとこれが格子間シリコン型点欠陥になる。

【0008】点欠陥は一般的にシリコン融液(溶融シリコン)とインゴット(固状シリコン)の間の接触面で形成される。しかし、インゴットを継続的に引上げることによって接触面であった部分は引上げとともに冷却し始める。冷却の間、空孔型点欠陥又は格子間シリコン型点欠陥は拡散により互いに合併して、空孔型点欠陥の凝集体(vacancy agglomerates)又は格子間シリコン型点欠陥の凝集体(interstitial agglomerates)が形成される。言い換えれば、凝集体は点欠陥の合併に起因して発生する三次元構造である。空孔型点欠陥の凝集体は前述したCOPの他に、LSTD(Laser Scattering Tomograph Defects)又はFPD(Flow Pattern Defects)と呼ばれる欠陥を含み、格子間シリコン型点欠陥の凝集体は前述したLDと呼ばれる欠陥を含む。FPDとは、インゴットをスライスして作製されたシリコンウェーハを30分間セコエッチング(Secco etching、 $\text{HF}:\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7(0.15\text{mol/l})=2:1$ の混合液によるエッチング)したときに現れる特異なフローパターンを呈する痕跡の源であり、LSTDとは、シリコン単結晶内に赤外線を照射したときにシリコンとは異なる屈折率を有し散乱光を発生する源である。

【0009】ボロンコフの理論は、欠陥の数が少ない高純度インゴットを成長させるために、インゴットの引上げ速度をV(mm/分)、インゴットとシリコン融液の界面近傍のインゴット中の温度勾配をG(℃/mm)とするときに、 $V/G(\text{mm}^2/\text{分} \cdot \text{℃})$ を制御することである。この理論では、図1に示すように、 V/G をよこ軸にとり、空孔型点欠陥濃度と格子間シリコン型点欠陥濃度を同一のたて軸にとって、 V/G と点欠陥濃度との関係を図式的に表現し、空孔領域と格子間シリコン領域の境界が V/G によって決定されることを説明している。より詳しくは、 V/G 比が臨界点以上では空孔型点欠陥濃度が優勢なインゴットが形成される反面、 V/G 比が臨界点以下では格子間シリコン型点欠陥濃度が優勢なインゴットが形成される。図1において、[I]は格子間シリコン型点欠陥が支配的であって、格子間シリコン型点欠陥が存在する領域($(V/G)_1$ 以下)を示し、

[V]はインゴット内での空孔型点欠陥が支配的であって、空孔型点欠陥の凝集体が存在する領域($(V/G)_2$ 以上)を示し、[P]は空孔型点欠陥の凝集体及び格子

間シリコン型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域 $((V/G)_1 \sim (V/G)_2)$ を示す。領域 $[P]$ に隣接する領域 $[V]$ にはOSF核を形成する領域 $[OSF]$ $((V/G)_2 \sim (V/G)_3)$ が存在する。

【0010】このパーフェクト領域 $[P]$ は更に領域 $[P_I]$ と領域 $[P_V]$ に分類される。 $[P_I]$ は V/G 比が上記 $(V/G)_1$ から臨界点までの領域であり、

$[P_V]$ は V/G 比が臨界点から上記 $(V/G)_2$ までの領域である。即ち、 $[P_I]$ は領域 $[I]$ に隣接し、かつ侵入型転位を形成し得る最低の格子間シリコン型点欠陥濃度未満の格子間シリコン型点欠陥濃度を有する領域であり、 $[P_V]$ は領域 $[V]$ に隣接し、かつOSFを形成し得る最低の空孔型点欠陥濃度未満の空孔型点欠陥濃度を有する領域である。本発明の所定の引上げ速度プロファイルは、インゴットがホットゾーン炉内のシリコン溶融物から引上げられる時、温度勾配に対する引上げ速度の比 (V/G) が格子間シリコン型点欠陥の凝集体の発生を防止する第1臨界比 $((V/G)_1)$ 以上であって、空孔型点欠陥の凝集体をインゴットの中央にある空孔型点欠陥が支配的に存在する領域内に制限する第2臨界比 $((V/G)_2)$ 以下に維持されるように決められる。

【0011】この引上げ速度のプロファイルは、実験的に基準インゴットを軸方向にスライスすることで、又はこれらの技術を組合わせることで、シミュレーションによって上記ボロンコフの理論に基づき決定される。即ち、この決定は、シミュレーションの後、軸方向にスライスしたインゴットを横断方向にスライスしてウェーハ状態で確認し、更にシミュレーションを繰り返すことによりなされる。シミュレーションのために複数種類の引上げ速度が所定の範囲で決められ、複数個の基準インゴットが成長される。図2に示すように、シミュレーションのための引上げ速度プロファイルは1.2 mm/分のような高い引上げ速度 (a) から0.5 mm/分の低い引上げ速度 (c) 及び再び高い引上げ速度 (d) に調整される。上記低い引上げ速度は0.4 mm/分又はそれ以下であることもあってもよく、引上げ速度 (b) 及び

(d) での変化は線形的なものが望ましい。異なった速度で引上げられた複数個の基準インゴットは各別に軸方向にスライスされる。最適の V/G が軸方向のスライス、ウェーハの確認及びシミュレーションの結果の相関関係から決定され、続いて最適な引上げ速度プロファイルが決定され、そのプロファイルでインゴットが製造される。実際の引上げ速度プロファイルは所望のインゴットの直径、使用される特定のホットゾーン炉及びシリコン融液の品質等を含めてこれに限定されない多くの変数に依存する。

【0012】引上げ速度を徐々に低下させて V/G を連続的に低下させたときのインゴットの断面図を描いてみると、図3に示される事実が分かる。図3には、インゴ

ット内での空孔型点欠陥が支配的に存在する領域が

$[V]$ 、格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在する領域が $[I]$ 、及び空孔型点欠陥の凝集体及び格子間シリコン型点欠陥の凝集体が存在しないパーフェクト領域が $[P]$ としてそれぞれ示される。前述したようにパーフェクト領域 $[P]$ は更に領域 $[P_I]$ と領域 $[P_V]$ に分類される。領域 $[P_V]$ はパーフェクト領域 $[P]$ の中でも凝集体にならない空孔型点欠陥が存在する領域であり、領域 $[P_I]$ はパーフェクト領域 $[P]$ の中でも凝集体にならない格子間シリコン型点欠陥が存在する領域である。図3に示すように、インゴットの軸方向位置 P_1 は、中央に空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を含む。位置 P_3 は格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在するリング領域及び中央のパーフェクト領域を含む。また位置 P_2 は、本発明に関連する中央に空孔型点欠陥の凝集体もなく、縁部分に格子間シリコン型点欠陥の凝集体もないので全てパーフェクト領域である。

【0013】図3から明らかなように、位置 P_1 に対応したウェーハ W_1 は、中央に空孔型点欠陥が支配的に存在する領域を含む。位置 P_3 に対応したウェーハ W_3 は、格子間シリコン型点欠陥が支配的に存在するリング及び中央のパーフェクト領域を含む。また位置 P_2 に対応したウェーハ W_2 は、本発明に係るウェーハであって、中央に空孔型点欠陥の凝集体もないし、縁部分に格子間シリコン型点欠陥の凝集体もないので全てパーフェクト領域であって、領域 $[P_V]$ と領域 $[P_I]$ とが混在する領域である。この空孔型点欠陥が支配的に存在する領域のパーフェクト領域に接する僅かな領域 (図1の $(V/G)_2 \sim (V/G)_3$) は、ウェーハ面内でCOPもLDも発生していない領域である。しかしこのシリコンウェーハ W_1 に対して、従来のOSF顕在化熱処理に従った、酸素雰囲気下、 $1000^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$ の温度で2~5時間熱処理し、引続き $1130^\circ\text{C} \pm 30^\circ\text{C}$ の温度で1~16時間熱処理すると、OSFを生じる。図4Aに示すように、ウェーハ W_1 ではウェーハの半径の $1/2$ 付近にOSFリングが発生する。このOSFリングで囲まれた空孔型点欠陥が支配的に存在する領域はCOPが出現する傾向がある。

【0014】なお、COPやLDなどの点欠陥の凝集体は検出方法によって検出感度、検出下限値が異なる値を示すことがある。そのため、本明細書において、「点欠陥の凝集体が存在しない」の意味は、鏡面加工されたシリコン単結晶を無攪拌セコエッチングを施した後に光学顕微鏡により、観察面積とエッチング取り代との積を検査体積として観察した際に、フローパターン (空孔型点欠陥) 及び転位クラスタ (格子間シリコン型点欠陥) の各凝集体が $1 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$ の検査体積に対して1個欠陥が検出された場合を検出下限値 (1×10^3 個/ cm^3) とするとき、点欠陥の凝集体の数が上記検出下限値以下であることをいう。

【0015】本発明のシリコンウェーハは上述したウェーハW₂であって、その平面図は図4Bに示される。ウェーハW₂は本発明の熱処理によりこのウェーハW₂に所望の密度以上の酸素析出核を発生させるために、その酸素濃度が $0.8 \times 10^{18} \sim 1.4 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ (旧ASTM) であることが必要である。

【0016】次に上記シリコンウェーハW₂の熱処理について説明する。この熱処理はまず、第1段目熱処理としてウェーハW₂を窒素、酸素又はこれらの混合ガス雰囲気下、600～700℃で5～10時間保持する。この第1段目熱処理により結晶成長時に酸素析出核が導入されない領域[P_I]にも酸素析出核が発現し、同時に結晶成長時に酸素析出核が導入されている領域[P_V]ではその酸素析出核の密度が高まる。熱処理雰囲気は窒素、酸素又はこれらの混合ガスである。空孔注入による酸素析出の促進を効果的に行うため、混合ガスの場合には窒素リッチの雰囲気が好ましい。保持温度が600℃未満又は保持時間が5時間未満の場合には、酸素析出核が十分に増加せず、続く第2段目熱処理を行ったときに、IG効果を奏するのに必要なBMD密度が得られない。保持温度が700℃を越える場合には、領域

[P_I]の酸素析出核密度が低いため、続く第2段目熱処理を行ったときにIG効果を奏するのに必要なBMD密度が得られない。保持時間が10時間以上では生産性が低下する。この第1段目熱処理により、ウェーハプロセスのうちの酸素ドナーキラー処理が不要となる。

【0017】次いで、第2段目熱処理として第1段目熱処理を施したウェーハW₂を酸素雰囲気下、900～1000℃で16時間保持する。この第2段目熱処理により酸素析出核がBMDに成長し、領域[P_V]と領域[P_I]の混合領域からなるウェーハであっても、ウェーハ全面にわたってIG効果を奏するようになる。保持温度が900℃未満又は保持時間が16時間未満の場合には、IG効果を奏するのに必要なBMD密度が得られない。保持温度が1000℃を越える場合には、第1段目熱処理で形成された酸素析出核及び酸素析出物が収縮することにより酸素析出物の密度低下を生じる。保持時間が16時間以上では生産性が低下する。

【0018】

【実施例】次に本発明の実施例を比較例とともに説明する。

<実施例1>シリコン単結晶引上げ装置を用いて直径8インチのボロン(B)がドーブされたp型のシリコンインゴットを引上げた。このインゴットは直胴部の長さが1200mm、結晶方位が(100)、抵抗率が約10Ωcm、酸素濃度が $1.0 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ (旧ASTM)であった。インゴットは、引上げ時のV/Gを $0.24 \text{ mm}^2/\text{分} \cdot ^\circ\text{C}$ から $0.18 \text{ mm}^2/\text{分} \cdot ^\circ\text{C}$ まで連続的に減少させながら、同一条件で2本育成した。そのうちの1本のインゴットは図3に示すように引

上げ方向にインゴット中心を切断し、各領域の位置を調べ、別の1本から図3のP₂に対応する位置のシリコンウェーハW₂を切出し、試料とした。この例では試料となるウェーハは、中心部に領域[P_V]を有し、その周囲に領域[P_I]を有し、更にその周囲に領域[P_V]を有する図4Bに示すウェーハW₂である。インゴットから切出し鏡面研磨したこのウェーハW₂を窒素雰囲気下、700℃で5時間保持する第1段目熱処理を行った。

<実施例2>実施例1と同じインゴットから切出し鏡面研磨したウェーハW₂の熱処理温度を660℃、保持時間を5時間とした以外は、実施例1と同様に第1段目熱処理を行った。

【0019】<比較例1>実施例1と同じインゴットから切出し鏡面研磨したウェーハW₂の第1段目熱処理を行わなかった。

<比較例2>実施例1と同じインゴットから切出し鏡面研磨したウェーハW₂の熱処理温度を750℃、保持時間を5時間とした以外は、実施例1と同様に第1段目熱処理を行った。

<比較例3>実施例1と同じインゴットから切出し鏡面研磨したウェーハW₂の熱処理温度を800℃、保持時間を5時間とした以外は、実施例1と同様に第1段目熱処理を行った。

【0020】<比較評価1>実施例1、2及び比較例1～3のウェーハW₂を1000℃で16時間保持する第2段目熱処理を行った。第2段目熱処理を行った後、各ウェーハを劈開し、更にウェーハ表面をライト(Wright)エッチング液で選択エッチングを行い、光学顕微鏡の観察により、ウェーハ表面から深さ $2.4 \mu\text{m}$ のBMD密度を測定した。図5に実施例1、2及び比較例1～3のBMD密度のウェーハ径方向分布図を示す。図5より明らかなように、比較例1～3では領域[P_I]に相当する部分ではIG効果が現れるとされるBMD密度($1 \times 10^9/\text{cm}^3$)に達しなかった。これに対して、実施例1及び2のウェーハでは領域[P_V]及び領域[P_I]に相当する部分のBMD密度が $1 \times 10^9/\text{cm}^3$ を越えていた。

【0021】<比較評価2>実施例1、2及び比較例1～3のウェーハW₂を用意し、これらウェーハW₂の表面に $8 \times 10^{12} \text{ atoms/cm}^3$ のFeを含む溶液を滴下し、スピンコートすることにより、ウェーハ表面をFeで強制的に汚染した。汚染したウェーハW₂を1000℃で16時間熱処理して、Fe元素をウェーハのバルク中に拡散させた。この汚染後の熱処理は、本発明の第2段目熱処理に相当する。汚染した金属のIG効果を確かめるため、これらのウェーハをDLTS (Deep Level Transient Spectroscopy) 法によりウェーハ表面の領域[P_I]に相当する部分のFe濃度を測定した。また、これらのウェーハW₂を劈開し、更にウェーハ表面をラ

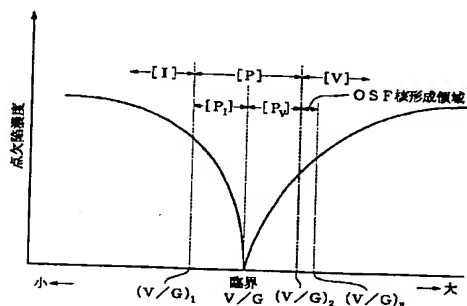
イト (Wright) エッチング液で選択エッチングを行い、光学顕微鏡の観察により、ウェーハ表面から深さ150 μm の領域[P_I]に相当する部分のBMD密度を測定した。図6に実施例1、2及び比較例1~3の領域[P_I]に相当する部分の第1段目熱処理温度におけるFe濃度とBMD密度との相関図を示す。

【0022】図6から明らかなように、比較例1では汚染した濃度である $8 \times 10^{12} \text{ atoms/cm}^3$ のFeが検出された。また、比較例2及び3はBMD密度がゲッターリング効果を有する $10^9/\text{cm}^3$ 近傍まで達していない。これはウェーハの酸素析出核密度が低いためと考えられ、ゲッターリング効果が弱く、第1段目熱処理を施していない比較例1とほぼ同様のFe濃度となっている。これに対して本発明の熱処理方法を施した実施例1及び2ではBMD密度がゲッターリング効果を有する $10^9/\text{cm}^3$ を越えており、Fe濃度も低下しており、IG効果を有していることが判った。

【0023】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の熱処理方法によれば、領域[P_V]と領域[P_I]の混合領域からなりかつ酸素濃度が $0.8 \times 10^{18} \sim 1.4 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ (旧ASTM)であるシリコンウェーハを窒素、酸素又はこれらの混合ガス雰囲気下、600~700℃で5~10時間保持することにより、点欠陥の凝集体が存在しないことに加えて、領域[P_I]にも所望の密度以上の酸素析出核が形成され、更に、従来行わ

【図1】



れていた酸素ドナーキラー処理が不要となり、続いてシリコンウェーハを酸素雰囲気下、900~1000℃で16時間保持することにより、IG効果を発揮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ボロンコフの理論に基づいた、V/G比が臨界点以上では空孔豊富インゴットが形成され、V/G比が臨界点以下では格子間シリコン豊富インゴットが形成されることを示す図。

【図2】所望の引上げ速度プロファイルを決めるための引上げ速度の変化を示す特性図。

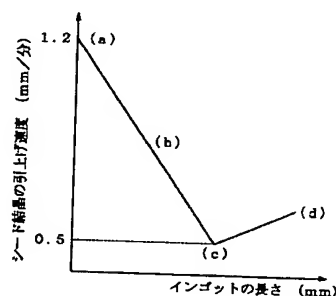
【図3】本発明による基準インゴットの空孔が支配的に存在する領域、格子間シリコンが支配的に存在する領域及びパーフェクト領域を示すX線トポグラフィの概略図。

【図4】A 図3の位置P₁に対応するシリコンウェーハW₁にOSFリングが出現する状況を示すウェーハW₁の平面図。B 図3の位置P₂に対応するシリコンウェーハW₂の平面図。にOSFリングが出現する状況を示す図。

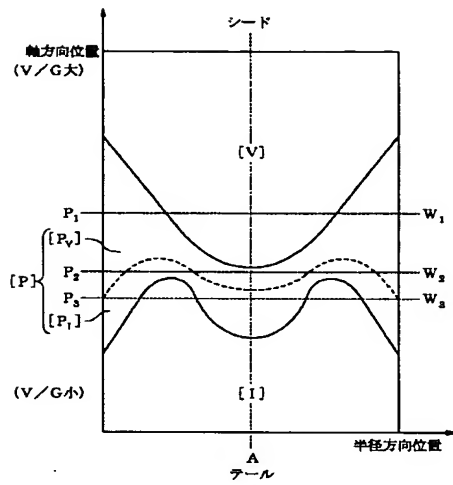
【図5】比較評価1における実施例1、2及び比較例1~3のBMD密度のウェーハ径方向分布図。

【図6】比較評価2における実施例1、2及び比較例1~3の領域[P_I]に相当する部分の第1段目熱処理温度におけるFe濃度とBMD密度との相関図。

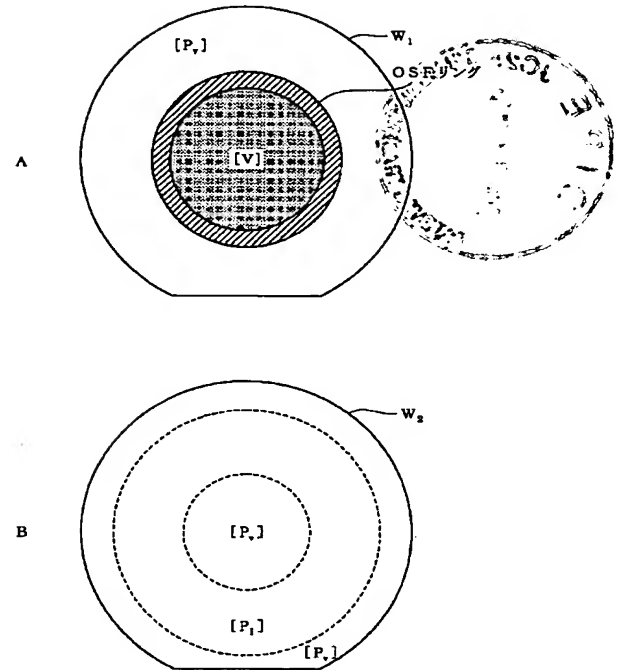
【図2】



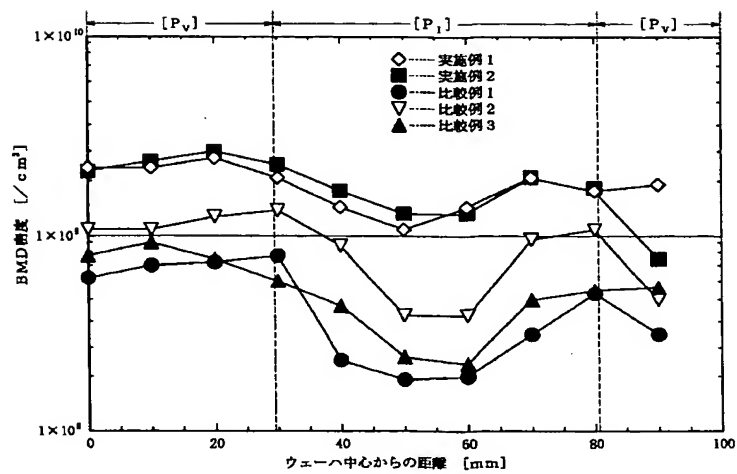
【図3】



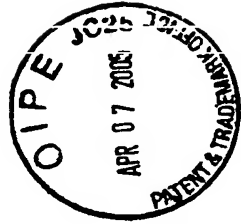
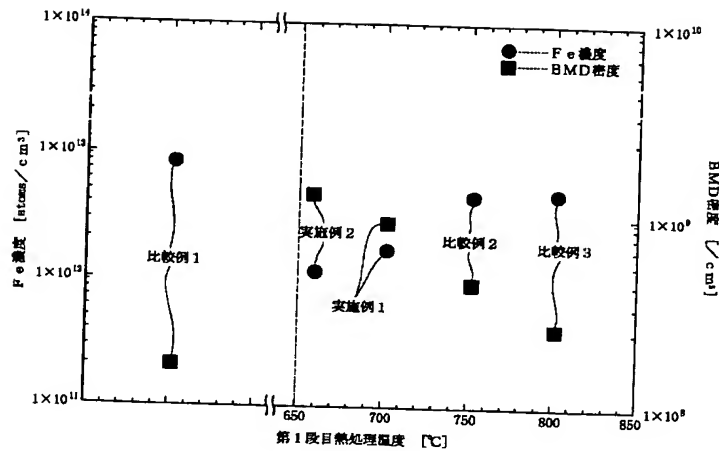
【図4】



【図5】



【図6】



【手続補正書】

【提出日】平成12年10月31日(2000.10.31)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】ボロンコフの理論に基づいた、 V/G 比が臨界点以上では空孔豊富インゴットが形成され、 V/G 比が臨界点以下では格子間シリコン豊富インゴットが形成されることを示す図。

【図2】所望の引上げ速度プロファイルを決定するための引上げ速度の変化を示す特性図。

*

*【図3】本発明による基準インゴットの空孔が支配的に存在する領域、格子間シリコンが支配的に存在する領域及びパーフェクト領域を示すX線トポグラフィの概略図。

【図4】A 図3の位置P₁に対応するシリコンウェーハW₁にOSFリングが出現する状況を示すウェーハW₁の平面図。B 図3の位置P₂に対応するシリコンウェーハW₂の平面図。

【図5】比較評価1における実施例1、2及び比較例1～3のBMD密度のウェーハ径方向分布図。

【図6】比較評価2における実施例1、2及び比較例1～3の領域[P₁]に相当する部分の第1段目熱処理温度におけるFe濃度とBMD密度との相関図。

フロントページの続き

(72)発明者 柴崎 英明

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱
マテリアル株式会社シリコン研究センター
内

(72)発明者 栗田 一成

埼玉県大宮市北袋町1丁目297番地 三菱
マテリアル株式会社シリコン研究センター
内

Fターム(参考) 4G077 AA02 BA04 CF10 FE03 FE12